

## PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11)Publication number : 2001-186107

(43)Date of publication of application : 06.07.2001

(51)Int.Cl.

H04J 14/00  
H04J 14/02  
G02B 26/02  
H04B 10/08  
H04B 10/17  
H04B 10/16  
H04B 10/02

(21)Application number : 11-368470

(71)Applicant : FUJITSU LTD

(22)Date of filing : 24.12.1999

(72)Inventor : MINAMIMOTO KAZUHIRO  
KAWAGUCHI AKIHISA

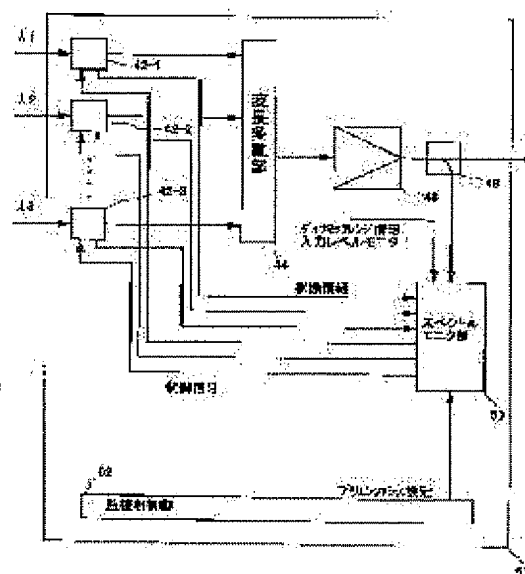
## (54) LEVEL ADJUSTMENT METHOD, AND WAVELENGTH MULTIPLEX TRANSMITTER AND SYSTEM UTILIZING THE METHOD

## (57)Abstract:

**PROBLEM TO BE SOLVED:** To provide a level adjustment method that can adjust the level of an input signal with each wavelength, while taking a dynamic range of an amplifier into account and to provide a wavelength multiplex transmitter and system utilizing the method.

**SOLUTION:** The wavelength transmitter is provided with a level adjustment means, that adjusts a level of a plurality of optical signals with different wavelengths, a multiplexer means that multiplexes the optical signals with different wavelengths whose levels are adjusted, an amplifier means that amplifies the multiplexed optical signals, and a monitor means that monitors the level of the multiplexed optical signal given to the amplifier means and the amplified optical signal level outputted from the amplifier means and controls the level adjustment means according to the monitor result, and this task can be solved by setting the level of the multiplexed optical signal given to the amplifier means within the range of the input signal level at which the amplifier means can be operated normally.

本発明の波長多重伝送装置の第1実施例の構成図



## LEGAL STATUS

[Date of request for examination]

22.02.2006

[Date of sending the examiner's decision of rejection]

[Kind of final disposal of application other than the examiner's decision of rejection or application converted registration]

[Date of final disposal for application]

[Patent number]

[Date of registration]

[Number of appeal against examiner's decision of rejection]

[Date of requesting appeal against examiner's decision of rejection]

[Date of extinction of right]



(19)日本国特許庁 (J P)

(12) 公 開 特 許 公 報 (A)

(11)特許出願公開番号  
特開2001-186107  
(P2001-186107A)

(43)公開日 平成13年7月6日(2001.7.6)

(51)Int.Cl. <sup>7</sup>	識別記号	F I	データベース(参考)
H 0 4 J 14/00		G 0 2 B 26/02	2 H 0 4 1
	14/02	H 0 4 B 9/00	E 5 K 0 0 2
G 0 2 B 26/02			K
H 0 4 B 10/08			J
10/17			U

審査請求 未請求 請求項の数9 O L (全 16 頁) 最終頁に続く

(21)出願番号 特願平11-368470

(22)出願日 平成11年12月24日(1999. 12. 24)

(71)出願人 000005223

富士通株式会社

神奈川県川崎市中原区上小田中4丁目1番  
1号

(72)発明者 南本 和宏

神奈川県川崎市中原区上小田中4丁目1番  
1号 富士通株式会社内

(72)発明者 川口 明久

神奈川県川崎市中原区上小田中4丁目1番  
1号 富士通株式会社内

(74)代理人 100070150

弁理士 伊東 忠彦

最終頁に続く

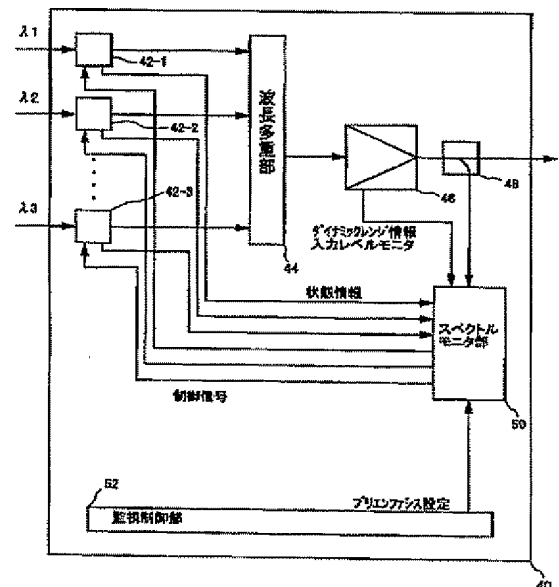
(54)【発明の名称】 レベル調整方法並びにその方法を利用する波長多重伝送装置及びシステム

(57)【要約】

【課題】 増幅器のダイナミックレンジを考慮しつつ各波長の入力信号のレベルを調整できるレベル調整方法並びにその方法を利用する波長多重伝送装置及びシステムを提供することを目的とする。

【解決手段】 波長の異なる複数の光信号のレベルを調整するレベル調整手段と、レベルを調整した波長の異なる光信号を多重化する多重化手段と、多重化された光信号を増幅する増幅手段と、増幅手段に入力される多重化された光信号のレベルと増幅手段から出力される増幅された光信号レベルとを監視し、その監視結果に従ってレベル調整手段を制御する監視手段とを有し、増幅手段に入力される多重化された光信号のレベルを増幅手段が正常に動作する入力信号レベル範囲内に設定することにより上記課題を解決する。

本発明の波長多重伝送装置の第1実施例の構成図



**【特許請求の範囲】**

**【請求項1】** 波長の異なる複数の光信号のレベルを調整するレベル調整手段と、

前記レベルを調整した波長の異なる光信号を多重化する多重化手段と、

前記多重化された光信号を増幅する増幅手段と、

前記増幅手段に入力される多重化された光信号のレベルと前記増幅手段から出力される増幅された光信号のレベルとを監視し、その監視結果に従って前記レベル調整手段を制御する監視手段とを有し、

前記増幅手段に入力される多重化された光信号のレベルを前記増幅手段が正常に動作する入力信号レベル範囲内に設定することを特徴とする波長多重伝送装置。

**【請求項2】** 前記監視手段は、前記増幅手段に入力される多重化された光信号のレベルが第1の目標レベル範囲に含まれているか判定する第1判定手段と、前記増幅手段から出力される増幅された光信号に含まれる前記波長の異なる複数の光信号のレベルが第2の目標レベル範囲に含まれているか判定する第2判定手段とを有することを特徴とする請求項1記載の波長多重伝送装置。

**【請求項3】** 前記監視手段は、前記増幅手段が正常に動作する入力信号レベル範囲を供給され、前記入力信号レベル範囲内に前記第1の目標レベル範囲を設定することを特徴とする請求項2記載の波長多重伝送装置。

**【請求項4】** 前記監視手段は、前記増幅手段が正常に動作する入力信号レベル範囲を供給され、前記入力信号レベル範囲内のうち最大レベルに前記第1の目標レベル範囲を設定することを特徴とする請求項2記載の波長多重伝送装置。

**【請求項5】** 前記監視手段は、前記増幅された光信号に含まれる前記波長の異なる複数の光信号に夫々対応した第2の目標レベル範囲を有しており、前記増幅された光信号に含まれる前記波長の異なる複数の光信号のレベルが前記第2の目標レベル範囲に収束するように前記レベル調整手段を制御することを特徴とする請求項2記載の波長多重伝送装置。

**【請求項6】** 波長の異なる複数の信号を多重化した光信号を送受信する波長多重伝送装置を有するシステムにおいて、

前記波長多重伝送装置は、波長の異なる複数の光信号のレベルを調整するレベル調整手段と、

前記レベルを調整した波長の異なる光信号を多重化する多重化手段と、

前記多重化された光信号を増幅する増幅手段と、

前記増幅手段に入力される多重化された光信号のレベルと前記増幅手段から出力される増幅された光信号のレベルとを監視し、その監視結果に従って前記増幅手段に入力される多重化された光信号のレベルを前記増幅手段が正常に動作する入力信号レベル範囲内に設定するように

前記レベル調整手段を制御する監視手段とを有するように構成され、

一の波長多重伝送装置から送信される多重化された光信号を受信し、前記受信した光信号に含まれる前記波長の異なる複数の光信号のレベル差を検出して一の波長多重伝送装置に送信する他の波長多重伝送装置と、

前記他の波長多重伝送装置から送信される前記波長の異なる複数の光信号のレベル差に従って前記波長の異なる複数の光信号のレベルを調整する一の波長多重伝送装置とを有するシステム。

**【請求項7】** 波長の異なる複数の光信号のレベルを調整するレベル調整段階と、

前記レベルを調整した波長の異なる光信号を多重化する多重化段階と、

前記多重化された光信号を増幅する増幅段階と、

前記増幅される光信号のレベルと前記増幅された光信号のレベルとを監視し、

その監視結果に従って前記レベル調整段階の処理を制御する監視段階とを有することを特徴とするレベル調整方法。

**【請求項8】** 前記監視段階は、前記増幅された光信号に含まれる前記波長の異なる複数の光信号のレベルが第2の目標レベル範囲に含まれているか判定する第2判定段階と、

前記波長の異なる複数の光信号のレベルが第2の目標レベル範囲に含まれていると判定すると、前記増幅される光信号のレベルが第1の目標レベル範囲に含まれているか判定する第1判定段階と、

前記増幅される光信号のレベルが第1の目標レベル範囲に含まれていないと判定すると、前記第2の目標レベル範囲を変更する目標レベル範囲変更手段とを有することを特徴とする請求項7記載のレベル調整方法。

**【請求項9】** 前記第1の目標レベル範囲を増幅手段が正常に動作する入力信号レベル範囲内のうち最大レベルに設定する最大レベル設定段階を更に有することを特徴とする請求項8記載のレベル調整方法。

**【発明の詳細な説明】****【0001】**

**【発明の属する技術分野】** 本発明は、レベル調整方法並びにその方法を利用する波長多重伝送装置及びシステムに係り、特に、入力信号のレベルを調整するレベル調整方法並びにその方法を利用する波長多重伝送装置及びシステムに関する。

**【0002】**

**【従来の技術】** 近年、情報化社会の発展による通信需要の急激な増大に伴い、通信回線の増設が頻繁に行われている。しかし、光ファイバケーブルの増設工事には膨大な費用が必要であるために、既設の光ファイバケーブルを有効に利用することができ、多重度を上げることで回線容量を増加させることが可能な波長多重伝送 (WD

M:Wavelength Division Multiplex)方式が主流となりつつある。

【0003】図1は、波長多重伝送装置の送受信システムの一例の構成図を示す。図1中、伝送装置2a-1~2a-3は複数の端末3aが接続されており、端末3aから供給される信号を時分割多重方式等により多重化する。そして、伝送装置2a-1~2a-3は多重化した信号を夫々異なった波長 $\lambda_1 \sim \lambda_3$ の光信号として波長多重伝送装置1aに供給する。

【0004】波長多重伝送装置1aは供給された波長 $\lambda_1 \sim \lambda_3$ の各光信号を波長多重し、その波長多重した光信号を対向する波長多重伝送装置1bに伝送する。なお、伝送距離が長い場合には、波長多重伝送装置1a、1b間に波長多重された光信号を増幅する中継装置4を設置することがある。波長多重伝送装置1bは、波長多重された光信号が供給されると、その光信号を波長 $\lambda_1 \sim \lambda_3$ の各光信号に分離して夫々異なった伝送装置2b-1~2b-3に供給する。そして、伝送装置2b-1~2b-3は波長多重伝送装置1bから供給された時分割多重方式等により多重化されている信号を分離し、その分離した信号を各端末3bに供給する。

【0005】図2は、波長多重伝送装置の一例の構成図を示す。図2中、波長多重伝送装置10は送信部及び受信部を含むように構成される。波長 $\lambda_1 \sim \lambda_3$ の各光信号は装置外部に設置される光可変減衰器20-1~20-3を介して波長多重伝送装置10の送信部に供給される。波長多重伝送装置10の送信部に波長 $\lambda_1 \sim \lambda_3$ の各光信号が供給されると、波長多重部12はその波長 $\lambda_1 \sim \lambda_3$ の各光信号を波長多重して送信用増幅器14に出力する。なお、波長多重部12は、例えば回折格子等によるWDMカプラにより構成される。送信用増幅器14は供給された光信号を増幅し、その増幅した光信号を伝送路に出力している。

【0006】一方、波長多重された光信号は伝送路を介して波長多重伝送装置10の受信部に供給される。波長多重伝送装置10の受信部に波長多重された光信号が供給されると、受信用増幅器18はその波長多重された光信号を増幅して波長分離部16に供給する。波長分離部16は、供給された光信号を波長 $\lambda_1 \sim \lambda_3$ の各光信号に分離し、その波長 $\lambda_1 \sim \lambda_3$ の光信号を例えば図1の伝送装置2a-1~2a-3に夫々供給する。

【0007】ところで、波長多重伝送装置10を含む送受信システムの伝送品質の評価尺度は、受信側の信号対雑音比(Optical Signal-to-Noise Ratio:以下、OSNRという)である。このOSNRが受信側で高く、且つ、波長 $\lambda_1 \sim \lambda_3$ の各光信号毎に均一であることが望まれている。図3は、波長多重伝送装置の入出力信号の光スペクトルを説明する一例の図を示す。なお、図3は説明の便宜上、波長数が4つの例について説明するがこれに限らない。

【0008】図3(A)は、例えば図2の送信用増幅器14の出力信号の光スペクトルを示している。図3

(A)の各波長 $\lambda_1 \sim \lambda_4$ の光スペクトルはレベルが調整されており、ほぼ同一レベルである。この図3(A)の光スペクトルが伝送路に送信され、対向する波長多重伝送装置の受信用増幅器から図3(B)の光スペクトルが出力される。図3(B)は、受信用増幅器の出力信号の光スペクトルを示している。

【0009】図3(B)中、なだらかな山型の斜線部分が伝送路上の増幅器等によって累積的に含まれる自然放出光(Amplified Spontaneous Emission:以下、ASE光という)のスペクトルである。また、急峻なピーク部分が各波長 $\lambda_1 \sim \lambda_4$ の光スペクトルである。なお、図3(A)では、説明の便宜上、送信用増幅器14において混入するASE光を無視している。また、図3(B)に示されるようにASE光のレベルは波長に対して均一ではない。

【0010】ここで、前述したOSNRについて説明すると、光スペクトルのピークレベルとその光スペクトル近傍のASE光のレベルとの差がOSNRに対応する。例えば、図3(B)において、波長 $\lambda_4$ の光スペクトルのOSNRを矢印22で示しておく。したがって、図3(A)に示すように、光可変減衰器20-1~20-3の減衰量を調整して送信用増幅器14から出力される各波長 $\lambda_1 \sim \lambda_4$ の光スペクトルのレベルを一定に調整したとしても、図3(B)に示すように、各波長 $\lambda_1 \sim \lambda_4$ のOSNRは一定とはならない。

【0011】この理由は、伝送路上の増幅器等を経由することによるASE光の累積的混入、各増幅器の増幅能力の波長依存性による各波長間のレベル格差、線路損失の波長依存性による各波長間のレベル格差等がある。したがって、図2の波長多重伝送装置10は、伝送路上の増幅器等を経由することによるASE光の累積的混入、各増幅器の増幅能力の波長依存性による各波長間のレベル格差、線路損失の波長依存性による各波長間のレベル格差等を考慮して光可変減衰器20-1~20-3の減衰量を調整していた。このような送信側の操作をプリアンファシス制御と呼んでいる。

【0012】図4は、波長多重伝送装置の他の例の構成図を示す。なお、図4は波長多重伝送装置30の送信部の構成を示している。図4中、波長多重伝送装置30は、可変減衰部36-1~36-3、波長多重部12、送信用増幅器14、光分岐部32、及びスペクトルモニタ部34を含む構成である。波長多重伝送装置10の送信部に波長 $\lambda_1 \sim \lambda_3$ の各光信号が供給されると、波長 $\lambda_1 \sim \lambda_3$ の各光信号は可変減衰部36-1~36-3を介して波長多重部12に供給される。波長多重部12はその波長 $\lambda_1 \sim \lambda_3$ の各光信号を波長多重して送信用増幅器14に出力する。送信用増幅器14は供給された光信号を増幅し、その増幅した光信号を光分岐部32を

介して伝送路に出力している。

【0013】このとき、光分岐部32は供給される光信号の一部を分岐してスペクトルモニタ部34に供給する。なお、スペクトルモニタ部34は、例えば光スペクトルアナライザ等により構成される。スペクトルモニタ部34は波長 $\lambda_1 \sim \lambda_3$ の各光信号毎に目標レベルを設定しておき、光分岐部32より供給される分岐光に含まれる各光信号の波長、レベル、OSNR等を測定する。

【0014】そして、スペクトルモニタ部34はその測定結果に従って各光信号のレベルを調整する制御信号を可変減衰部36-1~36-3に夫々供給することで帰還制御を実現している。例えば、目標レベルと比較して波長 $\lambda_1$ の光信号のモニタレベルが高い場合、スペクトルモニタ部34はそのモニタレベルが下がるように可変減衰部36-1の減衰量を設定する制御信号を出力する。なお、波長多重伝送装置30の受信部は、図2の波長多重伝送装置10の受信部と同様である。

【0015】

【発明が解決しようとする課題】しかしながら、図2の波長多重伝送装置10は、送受信システムにおける各光信号の損失のばらつきを実測により判定するしかなかった。つまり、光可変減衰器20-1~20-3の減衰量を手動で設定して各光信号の損失のばらつきを調整する為、送受信システム初期導入/運用保守時の調整作業に多大な時間を要していた。また、伝送路特性の経年変化及び季節変動等の影響に対して何ら対応していなかった。

【0016】また、図4の波長多重伝送装置30は、要求される伝送距離等により求められる性能が変化する為、種別の異なる送信用増幅器14が使い分けされる。つまり、送信用増幅器14のダイナミックレンジは変化する可能性がある。したがって、スペクトルモニタ部34の測定結果に従って可変減衰部36-1~36-3を帰還制御する場合、送信用増幅器14に対する入力信号レベルが送信用増幅器14のダイナミックレンジ内に保持されている保証がないという問題があった。

【0017】更に、受信側においてOSNRを良好に保つ為には、各波長の光信号のレベルを可能な限り高レベルにすることが望ましいが、図2の波長多重伝送装置10では可変減衰器20-1~20-3の調整を手動で行なう為に作業効率の面で問題があった。また、図4の波長多重伝送装置30では可変減衰部36-1~36-3を帰還制御しているので各波長の光信号のレベルを可能な限り高レベルにすることは可能であるが、送信用増幅器14の入力信号レベルがダイナミックレンジ内から逸脱する可能性が高くなり問題があった。

【0018】本発明は、上記の点に鑑みなされたもので、増幅器のダイナミックレンジを考慮しつつ各波長の入力信号のレベルを調整できるレベル調整方法並びにその方法を利用する波長多重伝送装置及びシステムを提供

することを目的とする。

【0019】

【課題を解決するための手段】そこで、上記課題を解決するため、請求項1記載の波長多重伝送装置は、波長の異なる複数の光信号のレベルを調整するレベル調整手段と、前記レベルを調整した波長の異なる光信号を多重化する多重化手段と、前記多重化された光信号を増幅する増幅手段と、前記増幅手段に入力される多重化された光信号のレベルと前記増幅手段から出力される増幅された光信号のレベルとを監視し、その監視結果に従って前記レベル調整手段を制御する監視手段とを有し、前記増幅手段に入力される多重化された光信号のレベルを前記増幅手段が正常に動作する入力信号レベル範囲内に設定することを特徴とする。

【0020】このように、増幅手段に入力される多重化された光信号のレベルと増幅手段から出力される増幅された光信号レベルとを監視し、その監視結果に従って前記レベル調整手段を制御することにより、増幅手段に入力される光信号のレベルを増幅手段が正常に動作する入力信号レベル範囲内、言い換えればダイナミックレンジ内に設定することができる。また、増幅手段から出力される光信号を例えば波長の違いによる損失差を考慮して適切に調整しておくことが可能になる。

【0021】また、請求項2記載の波長多重伝送装置は、前記監視手段は、前記増幅手段に入力される多重化された光信号のレベルが第1の目標レベル範囲に含まれているか判定する第1判定手段と、前記増幅手段から出力される増幅された光信号に含まれる前記波長の異なる複数の光信号のレベルが第2の目標レベル範囲に含まれているか判定する第2判定手段とを有することを特徴とする。

【0022】このように、第1の目標レベル及び第2の目標レベル範囲を設定しておくことにより、増幅手段に入力される光信号のレベルが増幅手段を正常に動作させる入力信号レベル範囲内に含まれているか簡単に判定できる。また、請求項3記載の波長多重伝送装置は、前記監視手段は、前記増幅手段が正常に動作する入力信号レベル範囲を供給され、前記入力信号レベル範囲内に前記第1の目標レベル範囲を設定することを特徴とする。

【0023】このように、増幅手段が正常に動作する入力信号レベル範囲が供給されることにより、第1の目標レベル範囲を簡単に設定できる。例えば、入力信号レベル範囲の上限レベルと下限レベルとの中間に第1の目標レベル範囲を設定すればよい。また、請求項4記載の波長多重伝送装置は、前記監視手段は、前記増幅手段が正常に動作する入力信号レベル範囲を供給され、前記入力信号レベル範囲内のうち最大レベルに前記第1の目標レベル範囲を設定することを特徴とする。

【0024】このように、第1の目標レベル範囲を入力信号レベル範囲内のうち最大レベルに設定することによ

り、受信側における信号対雑音比を最良の状態にすることが可能である。また、請求項5記載の波長多重伝送装置は、前記監視手段は、前記増幅された光信号に含まれる前記波長の異なる複数の光信号に夫々対応した第2の目標レベル範囲を有しており、前記増幅された光信号に含まれる前記波長の異なる複数の光信号のレベルが前記第2の目標レベル範囲に収束するように前記レベル調整手段を制御することを特徴とする。

【0025】このように、増幅された光信号に含まれる波長の異なる複数の光信号に夫々対応した第2の目標レベル範囲を有することにより、複数の光信号間の損失ばらつきに応じた光信号のレベル調整が可能となる。また、請求項6記載のシステムは、波長の異なる複数の信号を多重化した光信号を送受信する波長多重伝送装置を有するシステムにおいて、前記波長多重伝送装置は、波長の異なる複数の光信号のレベルを調整するレベル調整手段と、前記レベルを調整した波長の異なる光信号を多重化する多重化手段と、前記多重化された光信号を増幅する増幅手段と、前記増幅手段に入力される多重化された光信号のレベルと前記増幅手段から出力される増幅された光信号のレベルとを監視し、その監視結果に従って前記増幅手段に入力される多重化された光信号のレベルを前記増幅手段が正常に動作する入力信号レベル範囲内に設定するように前記レベル調整手段を制御する監視手段とを有するように構成され、一の波長多重伝送装置から送信される多重化された光信号を受信し、前記受信した光信号に含まれる前記波長の異なる複数の光信号のレベル差を検出して一の波長多重伝送装置に送信する他の波長多重伝送装置と、前記他の波長多重伝送装置から送信される前記波長の異なる複数の光信号のレベル差に従って前記波長の異なる複数の光信号のレベルを調整する一の波長多重伝送装置とを有することを特徴とする。

【0026】このように、本願発明の波長多重伝送装置を有するシステムは、対向する波長多重伝送装置間でプリエンファシス制御を自動的に行なうことができ、初期導入／運用保守作業を効率的に行なうことができる。また、請求項7記載のレベル調整方法は、波長の異なる複数の光信号のレベルを調整するレベル調整段階と、前記レベルを調整した波長の異なる光信号を多重化する多重化段階と、前記多重化された光信号を増幅する増幅段階と、前記増幅される光信号のレベルと前記増幅された光信号のレベルとを監視し、その監視結果に従って前記レベル調整段階の処理を制御する監視段階とを有することを特徴とする。

【0027】このように、増幅される光信号のレベルと増幅された光信号レベルとを監視し、その監視結果に従ってレベル調整段階の処理を制御することにより、増幅される光信号のレベルを増幅手段が正常に動作する入力信号レベル範囲内、言い換えればダイナミックレンジ内に設定することができる。また、波長の違いによる損失

差を考慮して適切に調整された光信号を増幅された光信号として出力することができる。

【0028】また、請求項8記載のレベル調整方法は、前記監視段階は、前記増幅された光信号に含まれる前記波長の異なる複数の光信号のレベルが第2の目標レベル範囲に含まれているか判定する第2判定段階と、前記波長の異なる複数の光信号のレベルが第2の目標レベル範囲に含まれていると判定すると、前記増幅される光信号のレベルが第1の目標レベル範囲に含まれているか判定する第1判定段階と、前記増幅される光信号のレベルが第1の目標レベル範囲に含まれていないと判定すると、前記第2の目標レベル範囲を変更する目標レベル範囲変更手段とを有することを特徴とする。

【0029】このように、第1の目標レベル及び第2の目標レベル範囲を設定しておくことにより、増幅される光信号のレベルが増幅手段を正常に動作させる入力信号レベル範囲内に調整されているか、又は複数の光信号間の損失ばらつきに応じた光信号のレベル調整が行われているかを簡単に判定できる。また、請求項9記載のレベル調整方法は、前記第1の目標レベル範囲を増幅手段が正常に動作する入力信号レベル範囲内のうち最大レベルに設定する最大レベル設定段階を更に有することを特徴とする。

【0030】このように、第1の目標レベル範囲を入力信号レベル範囲内のうち最大レベルに設定することにより、受信側における信号対雑音比を最良の状態にすることが可能である。

【0031】

【発明の実施の形態】次に、本発明の実施の形態について図面に基づいて説明する。図5は、本発明の波長多重伝送装置の第1実施例の構成図を示す。なお、図5は波長多重伝送装置40の送信部の構成を示している。図5中、波長多重伝送装置40は、可変減衰部42-1~42-3、波長多重部44、送信用増幅器46、光分岐部48、スペクトルモニタ部50、及び監視制御部52を含む構成である。

【0032】以下、図6を参照して図5の波長多重伝送装置40の処理手順について説明する。図6は、本発明の波長多重伝送装置の処理手順を説明する一例のフローチャートを示す。図6中、波長多重伝送装置40が起動すると、ステップS10では、スペクトルモニタ部50は各光信号の目標レベルを暫定的に設定する。ステップS10に続いてステップS12に進み、スペクトルモニタ部50は送信用増幅器46からダイナミックレンジ情報を供給される。なお、ダイナミックレンジ情報とは、送信用増幅器46が正常に動作する入力信号レベルの範囲を示している。

【0033】ステップS12に続いてステップS14に進み、スペクトルモニタ部50はダイナミックレンジ情報に含まれる入力信号レベルの上限／下限情報を読み出

し、以下の式(1)から送信用増幅器46の増幅器入力

$$(\text{増幅器入力目標レベル}) = (\text{上限レベル} - \text{下限レベル}) \times \alpha + \text{下限レベル} \cdots$$

$$\cdots (1) \quad (0 < \alpha < 1)$$

ステップS14に続いてステップS16に進み、スペクトルモニタ部50はステップS10にて暫定的に設定した各光信号の目標レベルと光分岐部48から供給される分岐光に含まれる各光信号のレベルとを比較し、その各光信号のレベルが各光信号の目標レベルに収束しているか否かを判定する。

【0034】その各光信号のレベルが各光信号の目標レベルに収束していると判定すると(S16においてYES)、ステップS20に進む。一方、その各光信号のレベルが各光信号の目標レベルに収束していないと判定すると(S16においてNO)、ステップS18に進む。ステップS18では、スペクトルモニタ部50は、各光信号のレベルと各光信号の目標レベルとの比較結果に従って各光信号のレベルを調整する制御信号を可変減衰部42-1~42-3に供給する。具体的には、波長 $\lambda_1$ の光信号のレベルが波長 $\lambda_1$ の目標レベルより小さければ、スペクトルモニタ部50は可変減衰部42-1の減衰量を小さくする制御信号を可変減衰部42-1に供給する。

【0035】このように、ステップS18では各光信号のレベルを各光信号の目標レベルに収束させる。なお、各光信号の目標レベルは各光信号について共通でも良いし、プリエンファシス設定を考慮して各光信号毎に個別に設定してもよい。各光信号のレベルが各光信号の目標レベルに収束すると、ステップS20に進み、スペクトルモニタ部50は送信用増幅器46から供給される入力レベルモニタとステップS14にて算出した増幅器入力目標レベルとを比較し、送信用増幅器46に入力される光信号のレベルが増幅器入力目標レベルに収束したか否かを判定する。

【0036】送信用増幅器46に入力される光信号のレベルが増幅器入力目標レベルに収束したと判定すると(S20においてYES)、ステップS24に進む。送信用増幅器46に入力される光信号のレベルが増幅器入力目標レベルに収束していないと判定すると(S20においてNO)、ステップS22に進む。ステップS22では、送信用増幅器46に入力される光信号のレベルが増幅器入力目標レベルに収束していないので、スペクトルモニタ部50は各光信号の目標レベルを送信用増幅器46に入力される光信号のレベルと増幅器入力目標レベルとの比較結果に従って更新する。

【0037】具体的には、送信用増幅器46に入力される光信号のレベルが増幅器入力目標レベルより小さい場合、スペクトルモニタ部50は各光信号の目標レベルを高く設定する。一方、送信用増幅器46に入力される光信号のレベルが増幅器入力目標レベルより大きい場合、スペクトルモニタ部50は各光信号の目標レベルを低く

目標レベルを算出する。

設定する。そして、ステップS22にて各光信号の目標レベルが更新された後、ステップS16に進み、処理を続ける。

【0038】送信用増幅器46に入力される光信号のレベルが増幅器入力目標レベルに収束したと判定してステップS24に進むと、スペクトルモニタ部50は所定時間の間、各光信号のレベル及び送信用増幅器46に入力される光信号のレベルの安定性を監視する。具体的には、各光信号のレベルは継続的に各光信号の目標レベルに収束しているか監視される。また、送信用増幅器46に入力される光信号のレベルは、継続的に増幅器入力目標レベルに収束しているか監視される。

【0039】そして、ステップS24において各光信号のレベル及び送信用増幅器46に入力される光信号のレベルの安定性が確認されると、スペクトルモニタ部50は定常状態に移行する。一方、ステップS24において各光信号のレベル及び送信用増幅器46に入力される光信号のレベルの安定性が確認されないと、スペクトルモニタ部50はステップS16に進み、処理を続ける。なお、スペクトルモニタ部50は定常状態においてもステップS16~S20の監視を常に行い、状態を保持している。

【0040】ここで、ステップS16及びS20で行なう収束判定について図7を参照して説明する。図7は、レベルの収束判定について説明する一例の図を示す。図7中、目標レベルPrefは微少な許容範囲 $\pm\alpha$ を設けられている。したがって、収束判定を行なう光信号のレベルが目標レベルPref $\pm\alpha$ の範囲内にあれば収束していると判定する。例えば、図7では波長 $\lambda_2$ 、 $\lambda_3$ の光信号が収束していると判定され、波長 $\lambda_1$ 、 $\lambda_4$ の光信号が未収束であると判定される。

【0041】以上のように、本発明の波長多重伝送装置40は、送信用増幅器46に入力される光信号のレベルをダイナミックレンジ内の適正なレベルに設定でき、各光信号の損失のばらつきを適切に調整することができる。図8は、本発明の波長多重伝送装置の処理手順を説明する他の例のフローチャートを示す。なお、図8のフローチャートは図6のフローチャートと一部を除いて同様であり、同一部分には同一符号を付して説明を省略する。

【0042】ステップS10~S20に続いてステップS30に進み、スペクトルモニタ部50はステップS18又はS22の処理により調整限界に達した可変減衰部42-1~42-3があるか否かを判定する。なお、スペクトルモニタ部50は、調整限界に達した可変減衰部42-1~42-3の情報を管理する管理テーブルを有している。この管理テーブルは、可変減衰部42-1~



42-3から通知される状態情報を利用して可変減衰部42-1~42-3の状態を管理しているものである。

【0043】したがって、スペクトルモニタ50は管理テーブルを参照して調整限界に達した可変減衰部42-1~42-3があるか否かを判定できる。調整限界に達した可変減衰部42-1~42-3があると判定すると（S30においてYES）、ステップS24に進む。また、調整限界に達した可変減衰部42-1~42-3がないと判定すると（S30においてNO）、ステップS32に進む。

【0044】ステップS32では、スペクトルモニタ50は増幅器入力目標レベルが送信用増幅器46のダイナミックレンジの上限に達しているか否かを判定する。増幅器入力目標レベルが送信用増幅器46のダイナミックレンジの上限に達していると判定すると（S32においてYES）、ステップS24に進む。また、増幅器入力目標レベルが送信用増幅器46のダイナミックレンジの上限に達していないと判定すると（S32においてNO）、ステップS34に進む。

【0045】ステップS34では、増幅器入力目標レベルが送信用増幅器46のダイナミックレンジの上限に達していないので増幅器入力目標レベルを所定量増加させてステップS20に進む。ここで、ステップS20、S30、S32、及びS34の処理により増幅器入力目標レベルが上昇していくと、送信用増幅器46に入力される光信号のレベルが増幅器入力目標レベルに収束していない状態となり、ステップS20からS22に進むことになる。

【0046】なお、調整限界に達した可変減衰部42-1~42-3がある場合（S30においてYES）及び増幅器入力目標レベルが送信用増幅器46のダイナミックレンジの上限に達している場合（S32においてYES）、スペクトルモニタ50は増幅器入力目標レベルの上昇限界と判定してステップS24に進み、前述した処理を行なう。

【0047】ここで、ステップS32で行なう上限到達判定について図9を参照して説明する。図9は、レベルの上限到達判定について説明する一例の図を示す。図9中、上限レベル $L_{up}$ は微少な許容範囲 $\beta$ を設けられている。したがって、上限到達判定を行なう光信号のレベルが上限レベル $L_{up} - \beta$ の範囲内にあれば上限に到達していると判定される。例えば、図9ではcase Aの光信号が上限に到達していると判定され、case Bの光信号が上限に到達していないと判定される。

【0048】以上のように、本発明の波長多重伝送装置40は、送信用増幅器46に入力される光信号のレベルをダイナミックレンジ内の適正なレベル、且つダイナミックレンジ内で可能な最大レベルに設定でき、各光信号の損失のばらつきを適切に調整することができる。次に、本発明の波長多重伝送装置のプリエンファシス制御

について説明していく。なお、プリエンファシス制御とは、伝送路上の増幅器等を経由することによるASE光の累積的混入、各増幅器の増幅能力の波長依存性による各波長間のレベル格差、線路損失の波長依存性による各波長間のレベル格差等を考慮して、送信側で光信号のレベルを調整しておくことをいう。

【0049】図10は、本発明の波長多重伝送装置の第2実施例の構成図を示す。図11は、本発明の波長多重伝送装置を含むシステムの一例の概略図を示す。なお、図10の波長多重伝送装置60は、一部を除いて図5の波長多重伝送装置40と同様であり、同一部分には同一符号を付して説明を省略する。図10の波長多重伝送装置60は、可変減衰部42-1~42-3、送信用増幅器46、光分岐部48、スペクトルモニタ部50、受信部に波長分離部64、受信用増幅器66、光分岐部68、スペクトルモニタ部70、送受信部共通の監視制御部52を含む構成である。

【0050】スペクトルモニタ部50は監視制御部52によりプリエンファシス設定が行われる以外は図5の波長多重伝送装置40と同様な処理が行われる。ここで、プリエンファシス設定について図12を参照して説明する。図12は、プリエンファシス制御について説明する一例の図を示す。例えば、監視制御部52によるプリエンファシス設定が行われなければ、スペクトルモニタ部50は送信用増幅器46から出力される波長 $\lambda_1 \sim \lambda_4$ の各光信号を目標レベルに収束させるように可変減衰部42-1~42-3を調整している。図12(A)は、プリエンファシス設定が行われていない場合の送信用増幅器46の出力例を示している。

【0051】一方、監視制御部52によるプリエンファシス設定が行われると、スペクトルモニタ部50は送信用増幅器46から出力される波長 $\lambda_1 \sim \lambda_4$ の各光信号をプリエンファシス設定に従った目標レベルに収束させるように可変減衰部42-1~42-3を調整している。具体的には、スペクトルモニタ部50は波長 $\lambda_1$ の光信号を目標レベル+1.0dBに収束するように可変減衰部42-1を調整している。

【0052】また、受信用増幅器66は対向する波長多重伝送装置から供給される波長多重された光信号を受信し、その波長多重された光信号から監視制御信号を検出して監視制御部52に供給する。また、光分岐部68は供給される光信号の一部を分岐してスペクトルモニタ部70に供給する。スペクトルモニタ部70は光分岐部68から供給される分岐光に含まれる各光信号の波長、レベル、OSNR等を測定する。そして、スペクトルモニタ部70はその測定結果を受信モニタ情報として監視制御部52に供給している。

【0053】以下、図13を参照して図11のシステムの処理手順について簡単に説明する。図13は、本発明のシステムの処理手順を説明する一例のフローチャート

を示す。図13中、ステップS40では、受信側の波長多重伝送装置60bの受信用増幅器66bは送信側の波長多重伝送装置60aから送信される波長多重された光信号を受信する。受信用増幅器66bは、この波長多重された光信号を光分岐部（図示せず）を介してスペクトルモニタ部50bに供給する。

【0054】ステップS40に続いてステップS42に進み、スペクトルモニタ部50bは供給された光信号の波長、レベル、OSNR等の受信モニタ情報を測定し、その受信モニタ情報を監視制御部52bに出力する。ステップS42に続いてステップS44に進み、監視制御部52bは、供給された受信モニタ情報を監視制御信号に付加し、その監視制御信号を送信用増幅器46bに出力する。ステップS44に続いてステップS46に進み、送信用増幅器46bはその監視制御信号を送信側の波長多重伝送装置60aに送信する。

【0055】ステップS48では、受信用増幅器66aは受信側の波長多重伝送装置60bから送信される監視制御信号を受信する。そして、受信用増幅器66aは受信した監視制御信号を監視制御部52aに供給する。ステップS48に続いてステップS50に進み、監視制御部52aは供給された監視制御信号から受信側の波長多重伝送装置60bの受信モニタ情報を取得する。

【0056】ステップS50に続いてステップS52に進み、監視制御部52aは取得した受信モニタ情報からプリエンファシス設定値を算出する。このプリエンファシス設定値は、受信モニタ情報に従って、例えば図12（B）に示すように設定される。ステップS52に続いてステップS54に進み、監視制御部52aはプリエンファシス設定値をスペクトルモニタ部50aに供給する。そして、ステップS54に続いてステップS56に進み、スペクトルモニタ部50aは供給されたプリエンファシス設定値に従った目標レベルに収束させるように可変減衰部42aを調整する。

【0057】以上のように、本願発明の波長多重伝送装置を含むシステムは、プリエンファシス制御を対向する波長多重伝送装置間で自動的に行なうことができ、初期導入／運用保守作業を効率的に行なうことができる。なお、特許請求の範囲に記載したレベル調整手段は可変減衰部42-1～42-3等に対応し、多重化装置は波長多重部44等に対応し、増幅手段は送信用増幅器46等に対応し、監視手段はスペクトルモニタ部50等に対応する。

【0058】

【発明の効果】上述の如く、本発明によれば、増幅手段に入力される多重化された光信号のレベルと増幅手段から出力される増幅された光信号レベルとを監視し、その

監視結果に従ってレベル調整手段を制御することにより、増幅手段に入力される光信号のレベルを増幅手段が正常に動作する入力信号レベル範囲内、言い換えればダイナミックレンジ内に設定することができる。また、増幅手段から出力される光信号を例えば波長の違いによる損失差を考慮して適切に調整しておくことが可能になる。

【0059】したがって、初期導入／運用保守作業を効率的に行なうことができると共に、伝送路特性の経年変化、季節変化等にも動的に対処することが可能となる。

【図面の簡単な説明】

【図1】波長多重伝送装置の送受信システムの一例の構成図である。

【図2】波長多重伝送装置の一例の構成図である。

【図3】波長多重伝送装置の入出力信号の光スペクトルを説明する一例の図である。

【図4】波長多重伝送装置の他の例の構成図である。

【図5】本発明の波長多重伝送装置の第1実施例の構成図である。

【図6】本発明の波長多重伝送装置の処理手順を説明する一例のフローチャートである。

【図7】レベルの収束判定について説明する一例の図である。

【図8】本発明の波長多重伝送装置の処理手順を説明する他の例のフローチャートである。

【図9】レベルの上限到達判定について説明する一例の図である。

【図10】本発明の波長多重伝送装置の第2実施例の構成図である。

【図11】本発明の波長多重伝送装置を含むシステムの一例の概略図である。

【図12】プリエンファシス制御について説明する一例の図である。

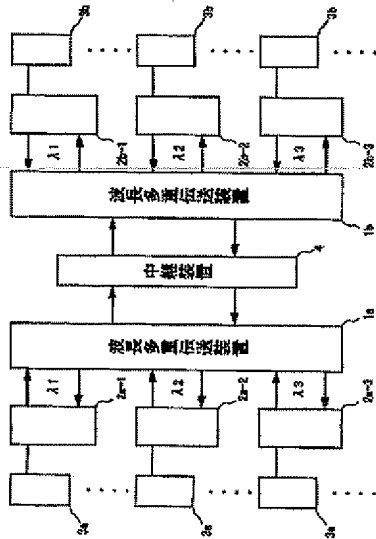
【図13】本発明のシステムの処理手順を説明する一例のフローチャートである。

【符号の説明】

- 40 波長多重伝送装置
- 42-1～42-3 可変減衰部
- 44 波長多重部
- 46 送信用増幅器
- 48 光分岐部
- 50、70 スペクトルモニタ部
- 52 監視制御部
- 64 波長分離部
- 66 受信用増幅器
- 68 光分岐部

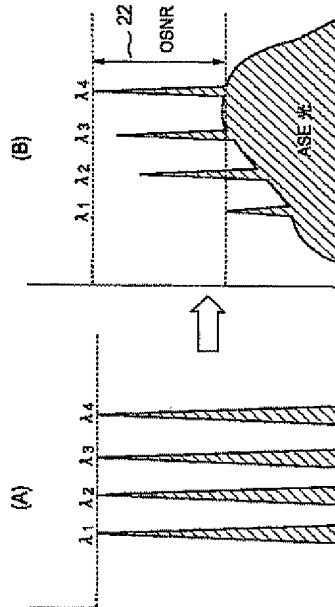
【図1】

波長多重伝送装置の送受信システムの一例の構成図



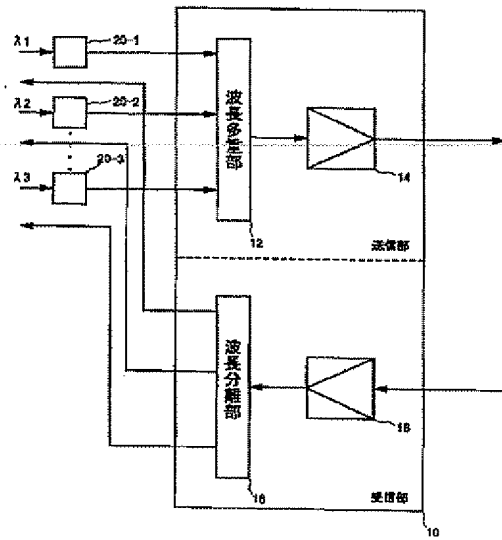
【図3】

波長多重伝送装置の入出力信号の光スペクトルを説明する一例の図



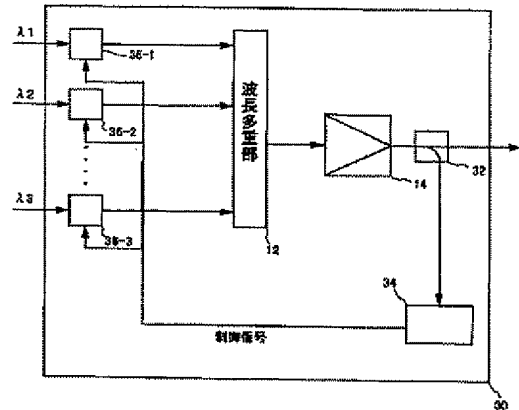
【図2】

波長多重伝送装置の一例の構成図



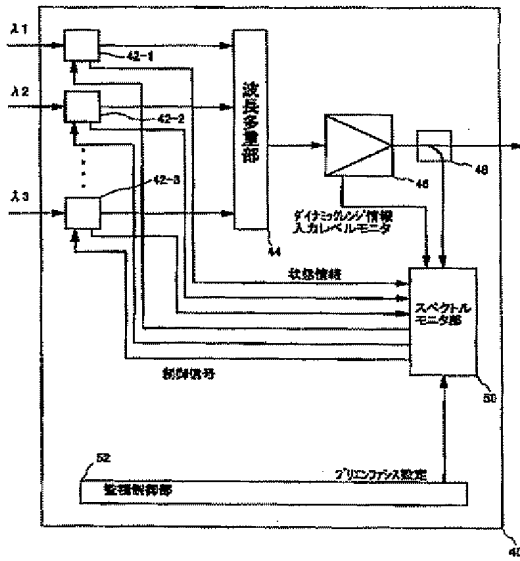
【図4】

波長多重伝送装置の他の例の構成図



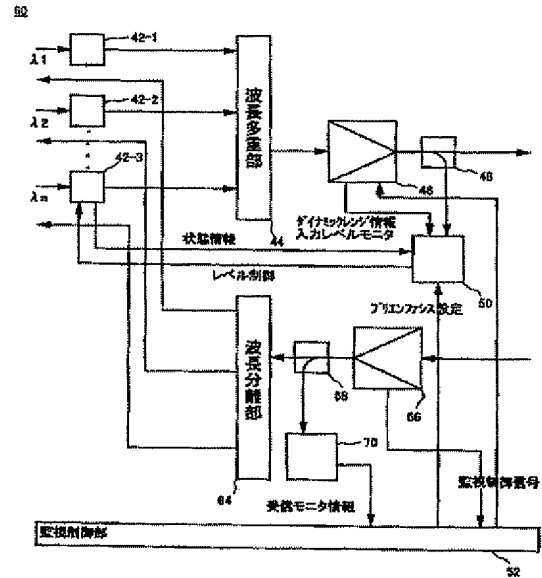
【図5】

本発明の波長多重伝送装置の第1実施例の構成図



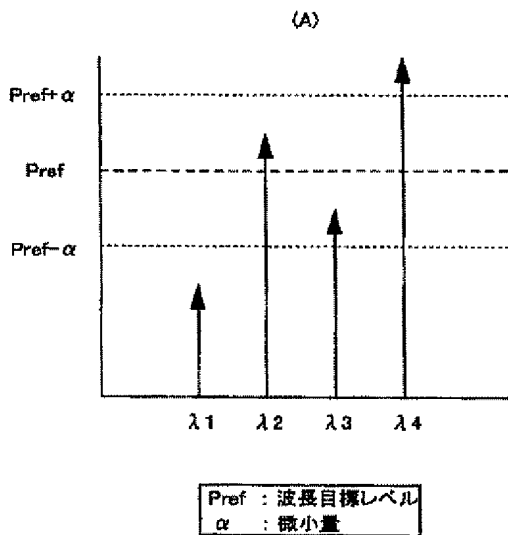
【図10】

本発明の波長多重伝送装置の第2実施例の構成図



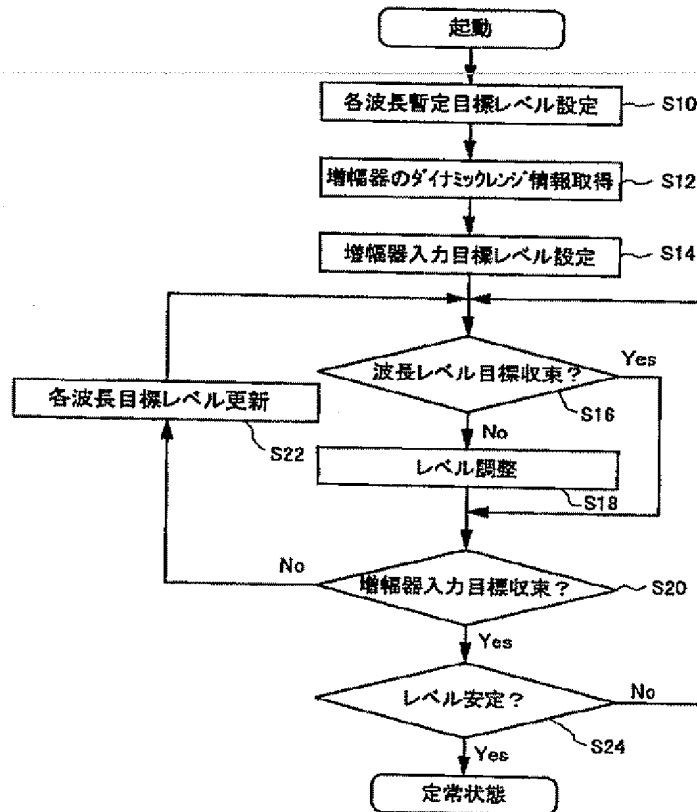
【図7】

レベルの収束判定について説明する一例の図



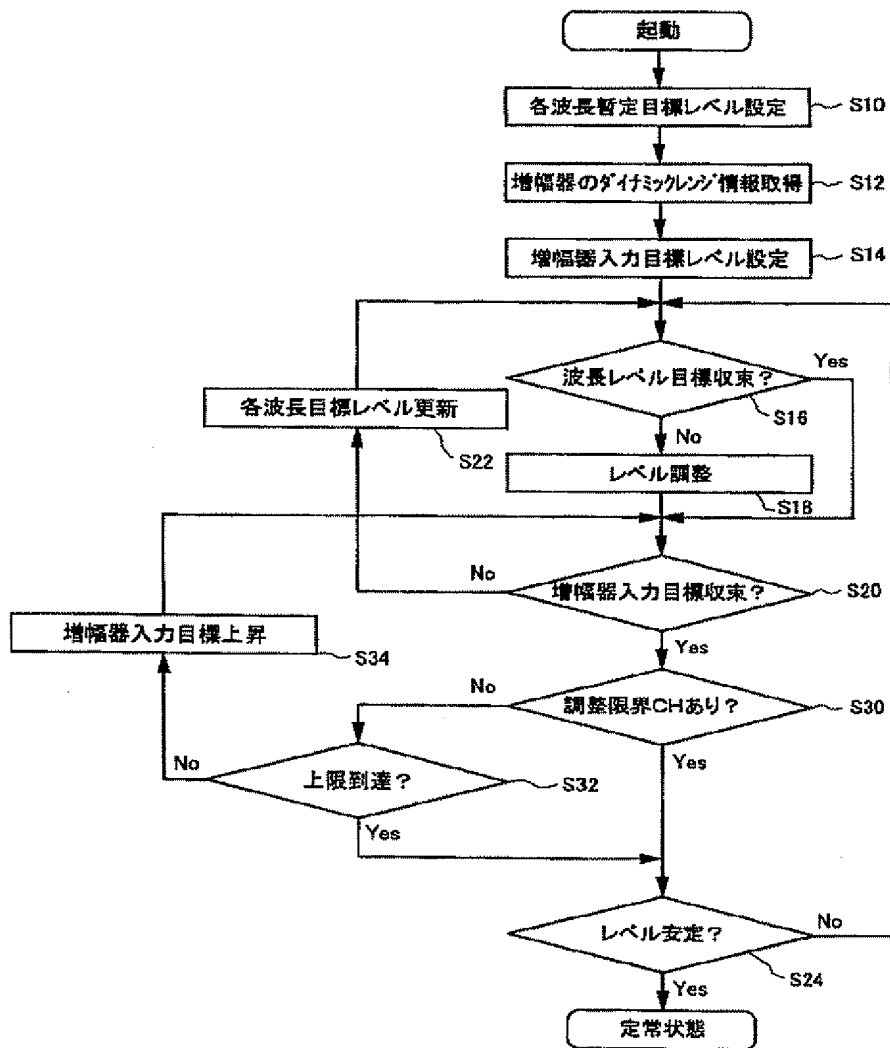
【図6】

本発明の波長多重伝送装置の処理手順を説明する一例のフローチャート



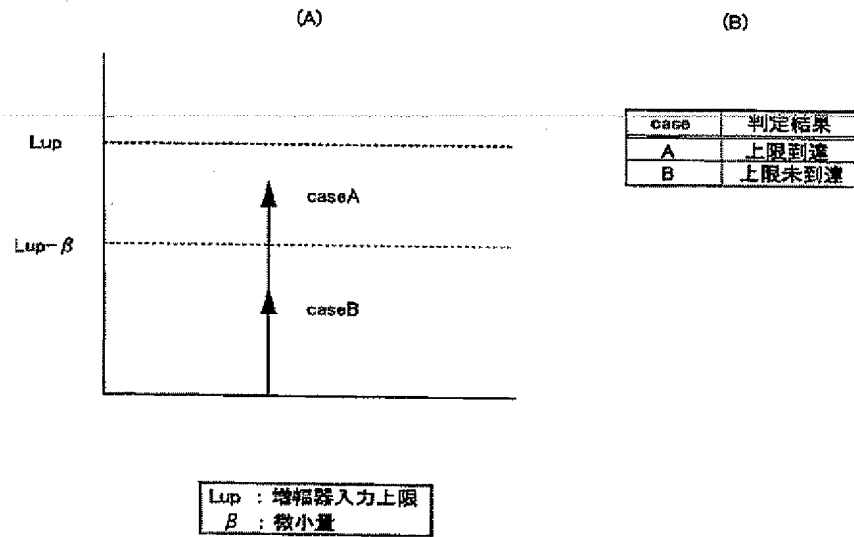
【図8】

本発明の波長多重伝送装置の処理手順を説明する他の例のフローチャート



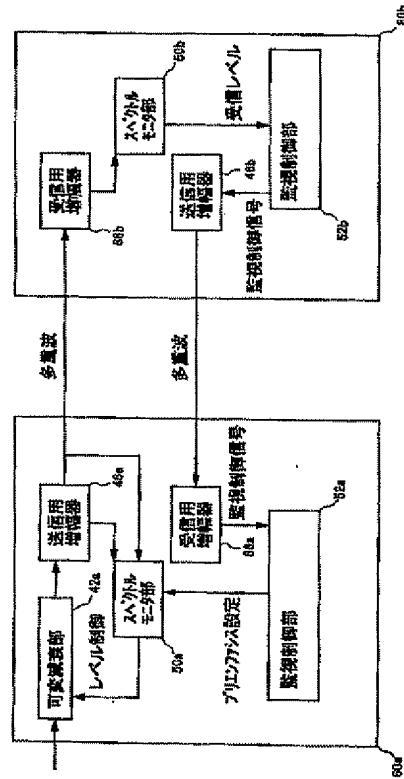
【図9】

レベルの上限到達判定について説明する一例の図



【図11】

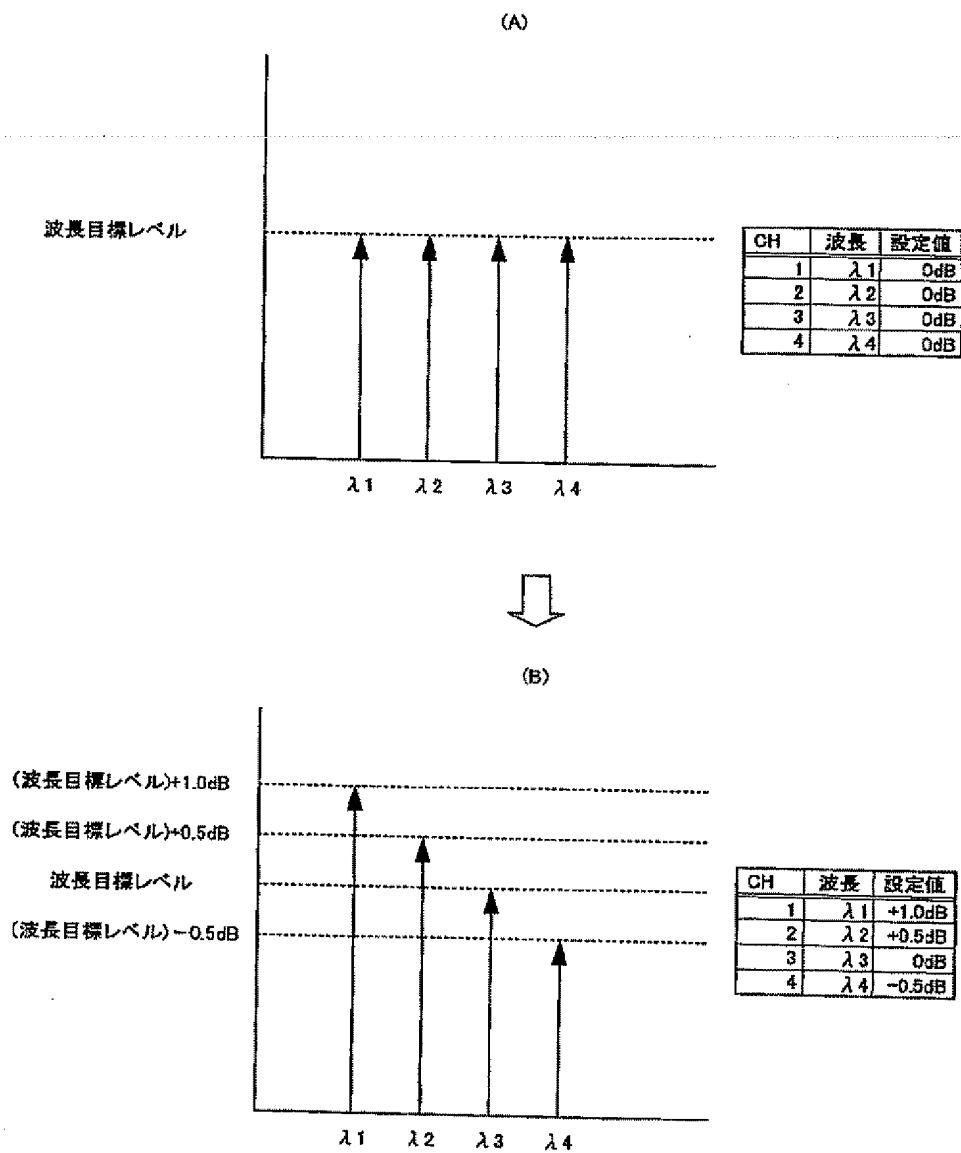
本発明の波長多重伝送装置を含むシステムの一例の概略図





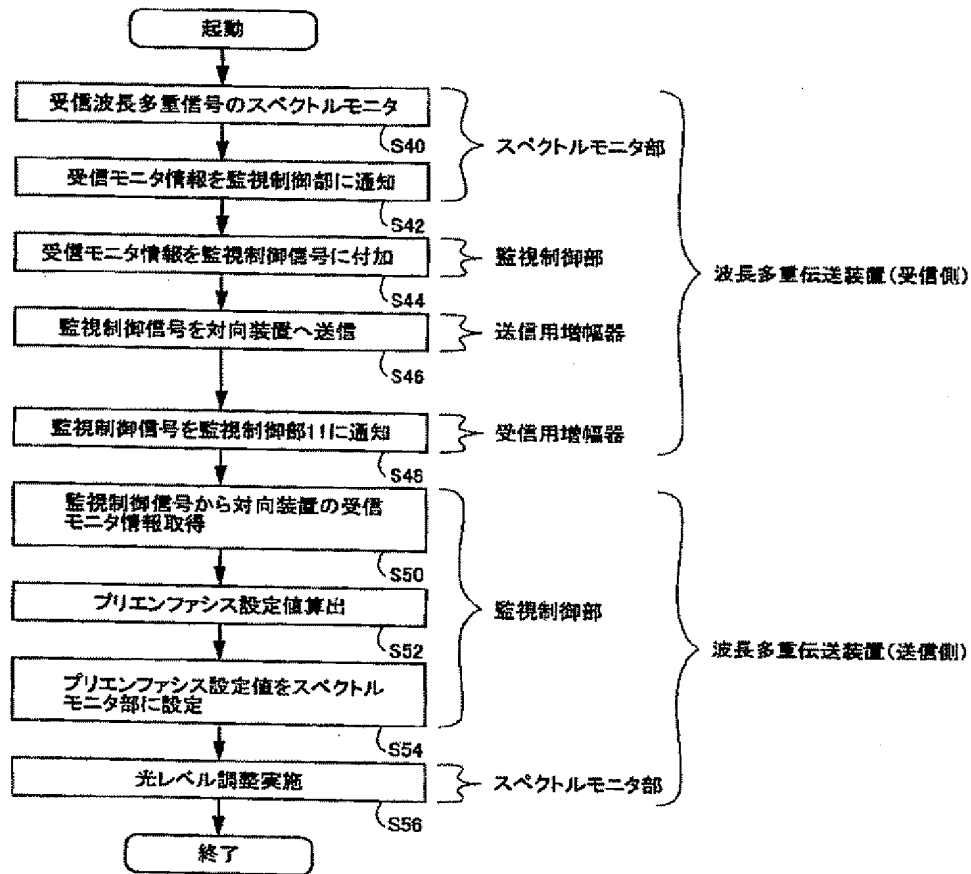
【図12】

プリエンファシス制御について説明する一例の図



【図13】

本発明のシステムの処理手順を説明する一例のフローチャート



フロントページの続き

(51) Int. Cl. 7

識別記号

F I

ターコード(参考)

H 0 4 B 10/16

10/02

Fターム(参考) 2H041 AA02 AZ06

5K002 AA01 AA06 BA04 BA05 CA09

CA13 DA02 EA05